

태풍대응을 위한 격자 기반 공간정보 활용방안 연구

A Study on the Use of Grid-based Spatial Information for Response to Typhoons

황병주¹ · 이준우^{2*} · 김동은³ · 김장욱⁴Byungju Hwang¹, Junwoo Lee^{2*}, Dongeun Kim³, Jangwook Kim⁴¹Deputy General Manager, WAVUS, Seoul, Republic of Korea²Research Officer, National Disaster Management Research Institute, Ulsan, Republic of Korea³Staff, WAVUS, Seoul, Republic of Korea⁴Senior Managing Director, WAVUS, Seoul, Republic of Korea

*Corresponding author: Junwoo Lee, jw_lee@korea.kr

ABSTRACT

Purpose: To reduce the damage caused by continuously occurring typhoons, we proposed a standardized grid so that it could be actively utilized in the prevention and preparation stage of typhoon response. We established grid-based convergence information on the typhoon risk area so that we showed the effectiveness of information used in disaster response. **Method:** To generate convergent information on typhoon hazard areas that can be useful in responding to typhoon situation, we used various types of data such as vector and raster to establish typhoon hazard area small grid-based information. A standardized grid model was applied for compatibility with already produced information and for compatibility of grid information generated by each local government. **Result:** By applying the grid system of National branch license plates, a grid of typhoon risk areas in Seoul was constructed that can be usefully used when responding to typhoon situations. The grid system of National branch license plates defines the grid size of a multi-dimensional hierarchical structure. And a grid of typhoon risk areas in Seoul was constructed using grids of 100m and 1,000m. **Conclusion:** Using real-time 5km resolution grid based weather information provided by Korea Meteorological Administration, in the future, it is possible to derive near-future typhoon hazard areas according to typhoon travel route prediction. In addition, the national branch number grid system can be expanded to global grid systems for global response to various disasters.

Keywords: Convergent Information, Grid, Typhoon, Spatial Information, Geographic Information System(GIS)

Received | 10 November, 2020

Revised | 18 March, 2021

Accepted | 25 March, 2021

OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

요약

연구목적: 지속적으로 발생하는 태풍의 피해를 감소시키기 위해 태풍대응의 예방·대비 단계에서 적극적으로 활용할 수 있도록 표준화된 격자의 활용방안을 제안하였다. 태풍위험지역에 대한 격자-융합정보를 시범적으로 생성함으로써 태풍대응을 위한 격자의 실효성을 확인한다. **연구방법:** 태풍 상황대응 시 유용하게 사용될 수 있는 태풍 위험지역에 대한 융합정보를 생성하기 위해 vector, raster 등 다양한 형태의 원천데이터를 사용하여 세밀한 공간 단위로 태풍 위험지역 격자 정보를 구축하였다. 기구축된 정보들과의 호환성 및 각 지자체별로 생성되는 격자 정보의 호환성을 위해 표준화된 격자모델을 적용하였다. **연구결과:** 국가지점번호의 격자체계를 적용하여 태풍상황대응시 유용하게 활용될 수 있는 태

풍위험지역 격자를 구축하였다. 국가지점번호 격자체계는 다차원 계층구조의 격자크기를 정의하고 있으며, 100m와 1,000m 크기의 격자를 활용하여 서울지역 태풍위험지역 격자를 구축하였다. 결론: 다양하고 조밀한 공간정보를 하나의 격자정보로 융합하여 가시화함으로써 재난 의사결정을 위한 정보의 단순화를 통해 신속한 재난대응을 지원할 수 있다.

핵심용어: 융합정보, 격자, 태풍, 공간정보, 지리정보시스템

서론

지구온난화로 인한 자연재해는 매년 급증하고 있으며 특히 태풍의 경우에는 빈도가 잦아지고 위력이 강해졌다(Lim et al., 2019). 기상청에서 2009년부터 2018년까지 10년간 한반도에 영향을 준 태풍의 강도를 분석한 결과 최대풍속 44m/s 이상의 매우 강한 태풍 발생 빈도가 50% 이상을 차지하며, 이 중 25% 정도는 최대풍속이 초강력 수준인 55m/s 이상에 달한다. 글로벌 환경단체 그린피스에서는 2030년까지 온실가스 배출이 현 상태로 유지될 경우, 우리나라에 태풍과 해수면 상승 등이 복합적으로 영향을 미쳐 국토의 5%가 물에 잠기고 332만 명이 침수 피해를 볼 것으로 예측한다.

기후변화로 인해 점차 심각해지는 재해에 대응하기 위해서는 체계적인 관리체계가 필요하다. 하지만 재난관리체계와 관련된 국내 주요 연구에 따르면 현재 우리나라는 재난 유형별로 주관부처가 달라 분산대응이 이루어지고 부처 간 협조체계가 긴밀하게 이루어지지 않는다. 이로 인해 재난대응 상황에서의 체계적인 지원이 어렵고, 신속한 정보전달이 이루어지지 않는다는 문제점이 있다(Hur et al., 2014). 또한, 재난정보는 여러 유관기관에 다양한 형태로 흩어져 있어 업무 담당자가 모니터링, 보고서 작성, 정책 수립 등 재난 관련 업무에 필요한 정보를 파악하고 획득하기까지 많은 시간이 소요된다. 신속하고 정확한 의사결정이 필요한 재난 분야에서 이러한 형태의 체계는 개선이 필요하다(Yu et al., 2018).

재난관리체계를 개선하기 위해 재난 분야 전문가들은 핵심 요인으로 정보 공유체계, 업무 협조체계, 민간 협조체계를 도출하였다(Seol, 2013). 특히 신속한 의사결정의 근거가 되는 정보의 공유는 효과적인 재난관리체계를 위해 매우 중요하다. 이와 관련하여 Lee et al.(2018)은 재난 현장 대응 및 상황 정보 관리를 위해 다양한 정보를 기반으로 한 재난 상황 판단 모델을 제시하였으며, Park et al.(2020)은 재난 상황 발생 시 수행하는 업무와 활용정보의 연관성을 강화하고자 각 재난관리 단계별 상황인지정보를 구축하였다.

상기 Park et al.(2020)의 연구에서는 재난 상황판단 및 대응을 위해 관련 정보를 총 11종으로 분류하여 지도 위에 매시업(mash-up)하였다. 하지만 의사결정자인 담당자의 기존 경험에 따라 재난 상황 대처 시 활용하는 전략과 지식이 다르므로 다양한 정보가 주어졌을 때 이에 대한 분석결과가 달라질 수 있다(Weick et al., 2001). 또한, 지도 정보의 특성상 다수 정보가 한 지점에 중첩되면 최상단의 정보만이 지도에 표출되어 정보의 밀집도와 중첩 여부를 알 수 없으므로 정보 가독성이 하락하여 정보해석이 어렵고 왜곡이 발생할 수 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 다량의 공간정보를 융합하는 방법이 있다. 공간 융합정보는 다양한 공간정보들의 속성을 융합하여 통계하거나 하나의 새로운 정보를 생성하는 등 다량의 정보들을 지도 위에 단순화한 것으로, 이를 이용해 정보해석의 가독성을 높일 수 있다. 공간정보를 융합하는 대표적 공간 단위로는 행정구역, 집계구, 격자 등이 있다. 융합정보는 재난 상황대응 시 유용하게 활용될 수 있으므로 다양한 공간정보를 융합하여 시군구별 태풍 위험도를 비교하는 연구가 다수 진행되고 있다.

특히 최근의 연구로는 태풍 피해자료를 이용한 시군구별 태풍 위험지수 개발(Kim et al., 2019), 재난관리자원 산정을 위

한 지자체별 자연재난 위험성 평가(Lee et al., 2019) 등이 있으며, 이들 연구는 대부분 지역별 통계정보를 도출하기 위해 시군구 단위의 융합정보를 활용하였다는 공통점이 있다(Kim et al., 2019; Lee et al., 2019; Han et al., 2015). 하지만 행정구역의 경우 모양과 크기가 불규칙하며 시간의 변화에 따라 경계가 조정될 수 있고 집계구의 경우 지도의 축척과는 무관하게 고정된 모양과 크기를 갖기 때문에 축척에 따른 유기적인 공간 단위를 제공하지 못한다는 한계가 있다(Kim et al., 2015). 또한, 행정경계 중 가장 작은 단위인 읍면동조차 비교적 넓은 공간 단위로 정보를 제공하기 때문에 미시적 공간 단위의 실질적인 방재대응에 어려움이 있다. 이와 관련하여 Park et al.(2020)의 기존연구를 통해 태풍 상황대응 단계, 부서, 업무별 필요 정보를 조사한 결과 태풍대응 시 조밀한 공간영역의 재난 분석정보에 대한 수요가 존재하는 것으로 나타났다. 예를 들어, 중앙재난안전대책본부는 태풍, 호우 초기대응 단계에서 태풍 상황을 모니터링하거나 중앙재난안전대책본부 1, 2단계에서 취약시설을 통제 및 관리할 때 미시적 공간 단위의 정보를 효과적으로 활용할 수 있다.

최근에는 기술의 발전과 데이터 공유에 관한 정책변화로 정확한 위치 정보가 생산됨에 따라 다양한 정보가 조밀한 격자나 실제 모양을 반영한 구체적인 형태로 수집 및 공유되고 있다. 이에 따라 읍면동 행정경계보다 더 조밀한 공간 단위의 융합정보 생산이 가능해졌다. 현재 기상청의 기상정보(5km 해상도), 국토교통부의 인구, 건물, 토지, 국토지표정보(최소 100m 해상도) 등이 격자로 제공되고 있다. 또한, 정부 3.0, 한국판 뉴딜정책인 ‘데이터담’, 데이터3법 개정 등 정부 기조나 정부 정책이 데이터 통합과 연계 방향으로 전환되면서 점차 다양한 형태의 정밀한 정보 생산 및 공유 기반이 마련되고 있다.

따라서 본 연구에서는 변화하는 환경 속에서 태풍대응을 위한 격자 기반 공간정보 활용방안을 제안하였다. 태풍 상황대응 시 유용하게 사용될 수 있는 태풍 위험지역에 대한 융합정보를 생성하기 위해 vector, raster 등 다양한 형태의 원천데이터를 사용하여 세밀한 공간 단위로 태풍 위험지역 격자 정보를 구축하였다. 기구축된 정보들과의 호환성과 향후 활용성 증대를 위해 표준 격자 모델을 선정하여 정보를 생산하였다.

격자체계

개방과 공유의 시기에 데이터 호환성 및 활용성을 높이기 위해서는 표준화된 격자체계가 필요하다. 하지만 재난 분야에는 표준화된 격자체계가 존재하지 않으며 개별 연구 부문에서만 격자 활용 사례가 있다. 공간정보 분야에서 격자체계와 관련된 표준 및 규정으로는 「도로명주소법」의 국가지점번호, 국토지리정보원의 격자체계 사양(NGII-STD.2016-1), 「행정정보의 격자체계 설정 및 공간정보화 기준」, 한국정보통신기술협회의 격자기반 국토조사 데이터모델(TTA.KO- 10.0907)이 있다. 네 가지 격자체계 중 한국정보통신기술협회의 격자기반 국토조사 데이터모델을 제외한 세 가지의 격자체계는 모두 「도로명주소법」의 국가지점번호와 연관성이 있다. Fig. 1은 이와 관련된 표준 격자체계 세 가지를 비교한 그림이다. 국토지리정보원의 격자체계 사양은 「도로명주소법」의 국가지점번호 격자체계를 확장하고 있고 「행정정보의 격자체계 설정 및 공간정보화 기준」 격자체계는 국토지리정보원의 격자체계 사양을 적용하고 있다.

이와 관련하여 Table 1은 세 가지 격자체계 표준의 관련 법률, 고시기관, 세부 사양들을 비교한 표이다. 국토지리정보원의 격자체계 사양과 「행정정보의 격자체계 설정 및 공간정보화 기준」은 「도로명주소법」의 국가지점번호 격자 분할방식, 구성 격자 크기, 격자 식별자를 확장 및 수정하여 적용했음을 확인할 수 있다.

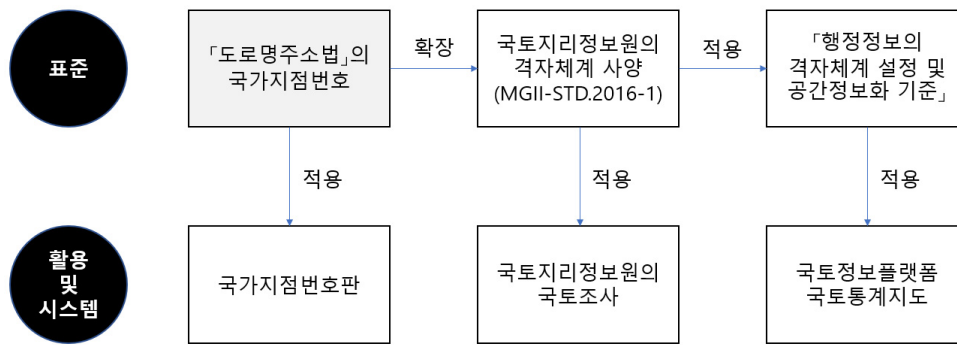


Fig. 1. Comparison of standard grid systems related to national branch numbers

Table 1. Comparison of Standard Grid Systems related to National Branch Numbers

관련 문서	「도로명주소법」의 국가지점번호 격자체계	국토지리정보원 「격자체계 사양」 (NGII-STD.2016-1) 표준의 격자체계	「행정정보의 격자체계 설정 및 공간정보화 기준」의 격자체계
고시(관련) 기관	행정안전부(주소정책과)	국토지리정보원	국토지리정보원(국토조사과)
좌표 참조체계	UTM-K, GRS80(EPGS:5179)		
격자 기준점	북위 31.648°, 동경 124.337°		
공간적 범위	북위 31.648° ~ 38.81°, 동경 124.337° ~ 132.106°		
격자 분할방식	하위 100분할	하위 100 또는 4분할	
격자 분할단계	총 5단계	-	-
격자 형태	정사각형		
구성 격자 크기	약 100km, 10km, 1km, 100m, 10m	약 100km, 10km, 1km, 500m, 250m, 100m, 50m, 10m	
격자 식별자	100km 격자 식별자 한글 + 가로축 숫자 + 세로축 숫자	100km 격자 식별자 한글 + 가로축 숫자(+ 알파벳) + 세로축 숫자 (+ 알파벳)	단위 격자 크기 + 고유좌표

국가지점번호는 Fig. 2와 같이 특정 지점에 대한 위치표시를 위해 국토 및 이와 인접한 해양을 격자형으로 일정하게 구획하고, 구획 지점마다 번호를 부여한 체계이다. 단일평면 직각좌표계의 원점(UTM-K)에서 남쪽으로 700km, 서쪽으로 300km 떨어진 지점을 기준점으로 하여 전국을 100km x 100km 격자로 나눈 뒤, 식별자를 부여하였다. 각 격자는 가로, 세로 10개를 기준으로 재분할되며 최소 10m 해상도의 격자까지 생성된다.

이 밖에도 기상청에서 5km 해상도의 격자 단위로 기상정보를 제공하고 있으며 국립해양조사원의 바다누리 해양정보 서비스에서 격자 단위의 해양정보를 제공하고 있는 등 다양한 격자체계가 활용되고 있다. 하지만 이러한 격자체계들은 개별 활용을 위해 만들어졌으므로 격자원점, 범위, 크기 등이 모두 달라 데이터 호환성 및 활용성이 떨어진다.

따라서 본 연구에서는 「도로명주소법」의 국가지점번호 격자체계 사양을 적용하여 격자 정보를 생성하였다. 이는 법에 근거한 표준 격자체계이며 국토정보플랫폼 국토통계지도의 인구·건물·토지 등 국토교통부에서 생산되는 다양한 격자 정보들의 기준이 되기 때문에 활용성이 높다. 또한, Kim et al.(2015)에 따르면 공간정보 활용 분야에서 다양한 격자 크기에 대한 수요는 항상 존재한다. 국가지점번호는 계층적인 구조에 따라 다양한 크기의 격자를 제공하므로 향후 격자 정보의 분석 목적

및 활용에 따라 격자 크기를 탄력적으로 변경할 수 있는 장점이 있다.

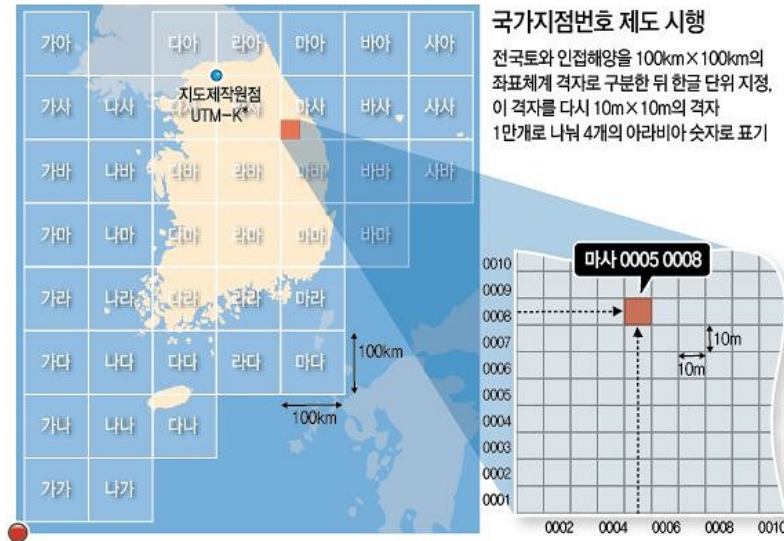


Fig. 2. National branch numbers

※ Source: Implement of national branch numbers (2012)

태풍 위험지역 융합정보의 생성

태풍 위험지표 선정

자연재해에 효율적으로 대비하기 위한 자연재해 위험성 도출 연구들이 진행되고 있으며 이와 관련하여 위험지표, 취약성 지표 등 다양한 지표개발 방법이 있다. UNISDR(United Nations Office for Disaster Risk Reduction), IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 등의 국제기구에서는 위험(Risk)의 결정요인으로 위해성(hazard), 노출성(exposure), 취약성(vulnerability)을 사용하고 있으며 OECD(Organization for Economic Cooperation and Development)에서는 압력지표(Pressure Index), 현상지표(State Index), 대책지표(Response Index)에 따른 PSR 구조체계(Pressure-State-Response framework) 모델을 채택하였다. PSR 구조체계는 인과관계 접근방식의 평가체계에서 널리 활용되고 있으며 압력지표는 재해의 원인, 현상지표는 재해로 인한 피해, 대책지표는 재해를 방어하거나 완화하기 위한 정책 또는 활동을 나타낸다. 본 연구에서는 태풍 재난 상황대응을 위해 재해의 원인과 현상을 기반으로 한 저감 대책을 마련할 수 있도록 지표 선정 시 PSR 구조체계를 사용하여 접근하며 지표 선정 과정은 Fig. 3과 같다.

각 지표를 도출하기 위하여 PSR 구조체계 및 위해성-노출성-취약성 구조를 적용한 태풍 위험지역 선정 관련 연구 중 본 연구의 목적과 관련이 있는 총 6개를 조사하였다(Lee et al., 2019; Yang 2017; Han et al., 2015; Park et al., 2012; Kim et al., 2019; Ahn et al., 2019). Lee et al.(2019)은 ‘재해연보’, ‘2018년 재난관리자원 비축·관리계획 수립지침(행정안전부)’ 자료를 통해 초기 지표를 수집하였으며 전문가 집단의 정성적 평가에 의해 최종 지표를 선정하였다. Yang(2017)과 Park et al.(2012)은 관련 선행 연구에서 활용된 지표를 참고하여 지표를 선정하였다. 특히 Yang(2017)은 선행 연구의 지표들을 취

합하여 1차 선정된 뒤 전문가 자문을 통해 지표를 수정하였다. Han et al.(2015)과 Kim et al.(2019)은 내부 연구진들의 자체 기준을 통해 지표를 선정하였으며 Ahn et al.(2019)은 국내 메이저 보험회사의 태풍 매미에 의한 손실 기록 자료를 활용하여 지표를 선정하였다.

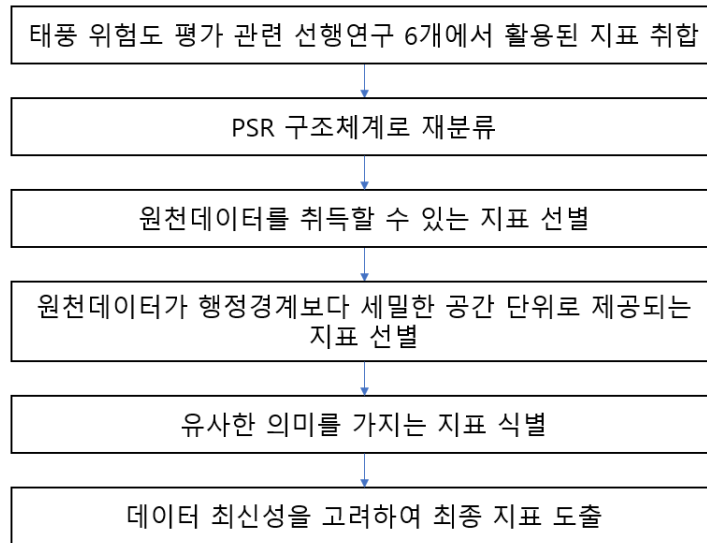


Fig. 3. Index elicitation process

본 연구에서는 상기 선행 연구를 통해 총 119개 지표를 취합하였으며, 각 지표를 PSR 구조체계에 따라 재분류한 뒤 재분류한 지표 중 원천데이터가 공개된 개방형 정보인 것, 정보 제공의 공간적 단위가 행정경계보다 세밀한 단위로 제공되는 것을 기준으로 지표를 선별하였다. 또한, 불투수면분포도, 불투수 면적, 불투수율 등 유사한 의미를 내포하는 지표들은 유형화한 후, 원천데이터의 최신성을 고려하여 한 가지 대표지표로 식별하였으며 Table 2와 같이 총 10개의 지표를 최종 도출하였다.

Table 2. Index elicitation results

대분류	중분류	지표명	원천데이터	
			선행연구	본 연구
기상	강우	일 최대강우량	polygon (시군구)	polygon (5km 격자)
기상	풍속	일 최대풍속	polygon (시군구)	polygon (5km 격자)
지형	저지대	지형저지대	raster	raster (90m 해상도)
지형	배수	불투수지	polygon (시군구)	polygon
시설	산업	산업지	polygon (시군구)	polygon
시설	건물	노후건물	polygon (시군구)	polygon (100m 격자)
시설	도로	도로지역	polygon (시군구)	polygon
시설	거주지	거주인구	polygon (시군구)	polygon
사회경제	취약자	취약인구	polygon (집계구)	polygon (100m 격자)
사회경제	부동산	공시지가	polygon (시군구)	polygon (100m 격자)

기존연구에서는 현상지표와 대책지표에서 시군구별 비교에 주로 사용되는 행정구역 기반의 정보를 대부분 활용하였다. 행정구역 기반의 정보는 시군구별 비교를 위해 유용할 수 있으나 조밀한 격자 구역 간 위험도를 비교하려는 본 연구의 목적에는 부합하지 않는다. 예를 들어, 기존의 연구에서는 현상지표 중 하나로 태풍피해액, 대책지표 중 하나로 시군구별 의사수 통계조사 값 등을 사용하였으나 이러한 정보를 조밀한 격자에 분배하는 것은 격자 간 비교에 큰 의미가 없다고 판단하였다. 따라서 본 연구에서는 현상지표와 대책지표를 제외하고 압력지표의 기상, 지형, 시설, 사회경제 요소만을 활용하여 지표를 구성하였다. PSR 전체 구조에 따른 융합지표는 재해의 원인-피해-재해완화의 다양한 범위를 융합함으로써 지자체별 재난에 산 설계 등에 활용될 수 있는 반면 PSR구조 중 압력지표에 따른 융합지표는 재난의 원인에 따른 위험지역을 직관적으로 알 수 있는 장점이 있다.

추후 현상지표와 대책지표에 해당하는 정보들이 행정구역 단위가 아닌 격자 단위로 생성된다면 이들을 포함하여 태풍 위험지역 융합정보를 생성할 수 있을 것으로 판단된다.

기존의 6개 연구 중 Park et al.(2012)의 연구를 제외한 나머지 5개 연구는 모두 지역별 비교를 위해 행정구역을 기준으로 정보를 구축하였으나 본 연구에서는 행정구역 내에서의 구체적 공간 단위를 비교하기 위해 행정구역 기반의 정보를 배제하였다. Table 3의 일 최대강우량, 일 최대풍속 정보는 기상청에서 5km 해상도의 격자 단위로 제공하는 초단기실황 데이터를 활용하여 구축하였다. 2020년 9월 데이터를 실시간으로 수집하여 일자별 최대강수량과 최대풍속을 계산하였다. 기존연구에서는 주로 기상청의 AWS 관측정보를 활용하여 510여 개의 AWS 관측지점별 데이터를 수집한 뒤 보간하여 활용하였다 (Park et al., 2012). 지형저지대 정보는 raster 형태의 수치표고모델(DEM) 자료를 격자로 변환한 뒤 TPI(Topographic Position Index)를 계산하여 도출하였다. TPI는 Weiss(2001)의 연구에서 처음 제시된 방법으로 지형의 상대적 위치를 정량적으로 산출하여 나타낸 지수이다. 특정 셀의 고도 값과 인접 셀들의 평균 고도 값 차이를 이용하여 산출하기 때문에 0보다 작은 값을 가진다면 주변보다 낮은 지대로, 0보다 큰 값을 가진다면 주변보다 높은 지대로 판단한다. 침수흔적, 불투수지, 산업지, 도로지역 정보는 토지피복지도 polygon 데이터를 통해 구축하였으며 불투수지의 경우에는 Park et al.(2012)의 불투수면분포도 지표 구축 기준을 적용하여 주거지역, 공업지역, 상업지역, 위락시설지역, 교통지역, 공공시설지역을 불투수지로 정의한 뒤 구축하였다. 노후건물, 거주인구, 취약인구, 공시지가 정보는 최소 100m 해상도의 격자 단위로 제공되는 국토정보플랫폼의 국토통계지도 자료를 활용하여 구축하였다. 기존연구에서는 이러한 정보들을 통계청에서 text 형태로 수집한 뒤

Table 3. Entropy weight calculation results

대분류	중분류	지표명	엔트로피	가중치
기상	강우	일 최대강우량	0.996984594354590	0.0142561285401314
기상	풍속	일 최대풍속	0.996963619041966	0.0143552948839341
지형	저지대	지형저지대	0.997355509668965	0.0125025281887879
지형	배수	불투수지	0.996903051629868	0.0146416433603076
시설	산업	산업지	0.997759771106518	0.0105912752114823
시설	건물	노후건물	0.997212363573608	0.0131792892535999
시설	도로	도로지역	0.996897943349428	0.0146657941085435
시설	거주지	거주인구	0.997040379030762	0.0139923917141129
사회경제	취약자	취약인구	0.814113981632009	0.8788253665642240
사회경제	부동산	공시지가	0.997252340410108	0.0129902881748762

행정경계 정보와 공간 조인(spatial join)하여 생성하였는데, 행정경계 개편에 따른 시계열 분석 단위 변화 문제와 Fig. 4와 같은 행정경계 자체의 오류 등에 대해 고려하지 못하였다.



Fig. 4. Cases of administrative boundary problems

※ Source: A Fundamental Study on the Maintenance of Administrative Boundaries based on Spatial Information (2012)

본 연구에서 사용하는 원천데이터는 실제 지형지물과 비슷한 형태를 나타내는 polygon, raster 데이터 또는 최소 100m부터 최대 5km 해상도 격자로 구축된 데이터이다. 본 연구에서는 계층구조의 격자를 활용하므로 10m 이상 100km 이하 해상도의 격자생산이 가능하며, 논문에 제공하는 이미지의 가독성 향상을 위해 1km 해상도 격자를 기준으로 융합정보를 생성하였다. 다만 일부 지역에 대해서는 100m 해상도 격자와 1km 해상도 격자를 비교하여 해상도 차이에 따른 정보 활용의 의미를 도출한다.

지표 표준화 및 가중치 적용

표준화는 각 기준의 크기 및 단위의 편차를 해소하는 과정이다(Kang et al., 2017). 본 연구에서는 모든 자료의 평균을 0, 표준편차를 1인 표준정규분포로 환산하여 특정 측정치의 상대적인 위치를 나타내는 값인 Z-Score를 통해 1차 표준화를 하였다. Z-Score는 식(1)과 같이 측정치와 평균치의 차를 표준편차 값으로 나누어 도출한다. 하지만 Z-Score는 음수값이 도출됨에 따라 계산의 편리성이 떨어지기 때문에 음수값을 제거하기 위해 McCall(1923)의 T-Score 방식을 추가 적용하였다. T-Score는 평균 50, 표준편차 10인 분포에서 측정치의 상대적 위치를 나타내는 값으로, 식(2)와 같이 Z-Score 값에 10을 곱하고 50을 더하여 계산한다.

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \tag{1}$$

$$T = 10Z + 50 \tag{2}$$

가중치는 평가 지표 간 상대적 중요도를 나타내는 것으로 다양한 방법을 활용할 수 있다. 재해 위험성 관련 연구에서 주로 활용되는 방법으로는 동일 가중치 적용 방법, 전문가 집단을 대상으로 반복적 피드백을 통해 의견을 도출하는 델파이 방

법, 계층적 분석을 수행하는 AHP(Analytic Hierarchy Process) 방법, 데이터가 가지는 속성들의 크기분포를 기반으로 한 정보 엔트로피 방법 등이 있다. 엔트로피 방법을 제외한 나머지 방법들은 모두 가중치 선정에 있어 의사결정자나 전문가의 주관성이 지나치게 반영되어 지표와 가중치에 대한 객관성을 확보하지 못한다는 한계점이 있다(Lee et al., 2015). 반면, 엔트로피 방법은 연구자의 주관적 개입을 배제하고 지표에 의해 주어지는 정보만을 이용하기 때문에 지표와 가중치에 대한 객관성을 확보할 수 있다(Choi et al., 2013). 따라서 본 연구에서는 개별 지표들에 대해 엔트로피 방법을 적용하여 가중치를 부여하였다. 엔트로피 방법을 적용한 가중치 부여 과정은 Fig. 5와 같으며 엔트로피 계산 결과는 Table 3과 같다.

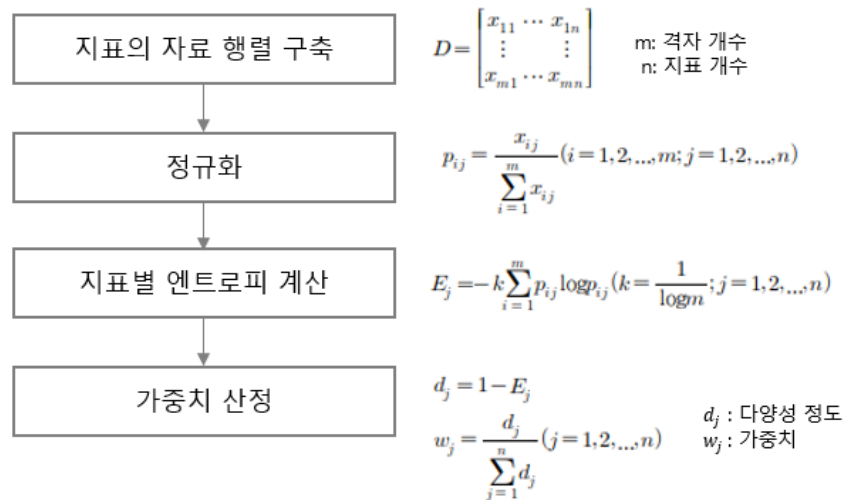


Fig. 5. Entropy weight calculation process

태풍 위험지역 격자 도출

태풍 위험과 관련된 10개 지표에 대해 아래의 그림과 같이 아래와 같이 격자를 구축하였다. 기존연구사례에서도 태풍 위험지역에 대해 격자 형태로 데이터를 구축한 사례가 있으나 원천데이터를 행정경계 기반의 데이터를 포함하고 있으므로 같은 행정구역 내에서는 격자 간 변별력을 갖추기 어렵다. 아래와 같이 격자 기반으로 지수를 도출하면 시군구·읍면동과 같이 넓은 지역보다 정확한 위치에 대해 위험요인을 파악할 수 있다.

본 연구에서는 Fig. 6의 1km 해상도 격자 단위 지표들을 융합하여 Fig. 7과 같이 융합 격자를 생성하였으며 Fig. 8과 같이 100m 해상도 격자 단위 지표들을 융합하여 만든 융합 격자를 생성하였다. 표준화된 계층구조의 표준 격자를 활용하면 사용자의 요구에 따라 다양한 크기의 격자 정보를 생산할 수 있으며, 특히 100m 이하의 해상도 격자처럼 구체적인 격자 정보가 제공되면 태풍 재난대응단계에서 태풍 위험지역에 대한 통제 및 관리를 위한 지역의 우선순위를 명확하게 지정할 수 있다.

Fig. 8은 서울시 중구지역에 대해 태풍 위험지역을 1km 해상도 격자와 100m 해상도 격자로 도출한 지도이다. 읍면동 행정경계보다 훨씬 조밀한 공간영역으로 태풍 위험지역 정보를 확인할 수 있다. 국가지점번호는 10m부터 100km 해상도 격자를 정의하고 있으며, 본 연구에서도 같은 기준을 적용한다. 본 연구에서 사용된 5km 해상도의 강우와 풍속 등 기상 관측정보를 제외하면 모두 최대 100m 해상도의 정보를 원천데이터로 사용하였기에 100m 해상도의 격자가 의미를 가질 수 있다. 아래의 지도와 같이 100m 해상도 공간 격자는 읍면동 행정경계보다 조밀한 정보를 표현할 수 있으며, 태풍 위험지역을 보다 상세

하게 기술하여 대책 마련을 위한 기초 자료로 활용 가능하다. 만약 새로운 분야의 분석에서 사용되는 원천데이터가 실물 크기를 반영하는 vector나 raster 형태로 구성된다면 10m 해상도의 격자분석도 가능할 것이다.

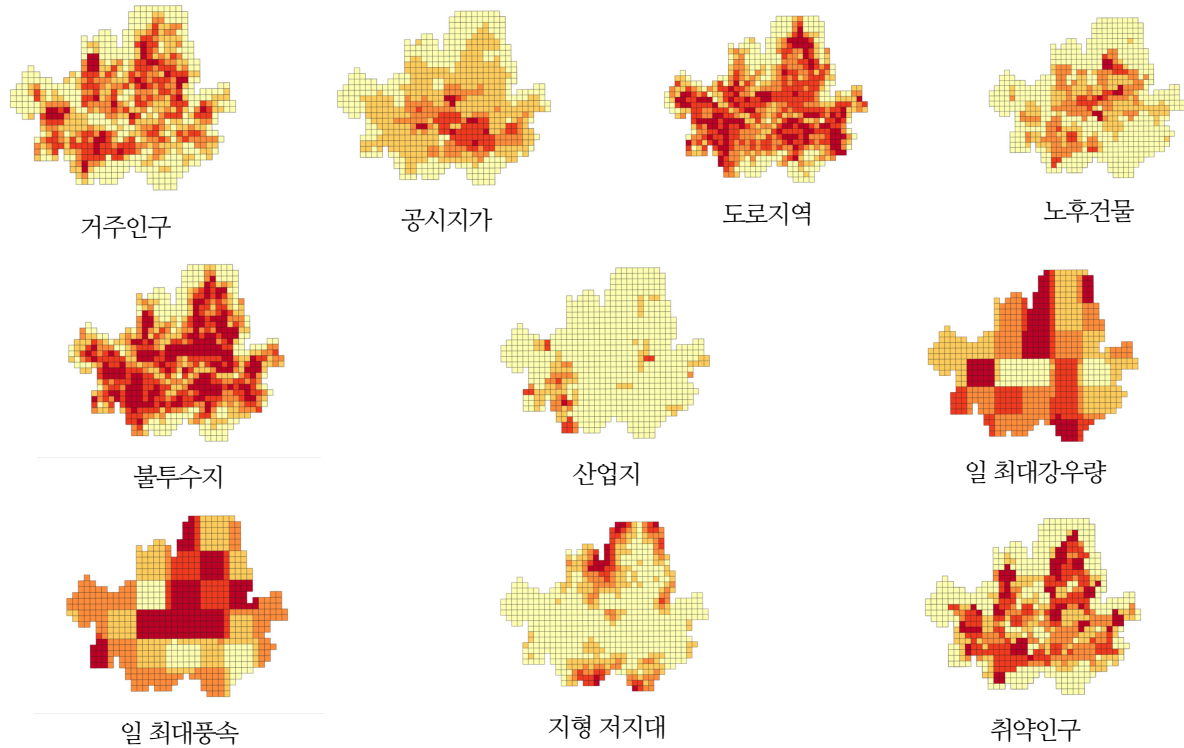


Fig. 6. 1km resolution indicators grid

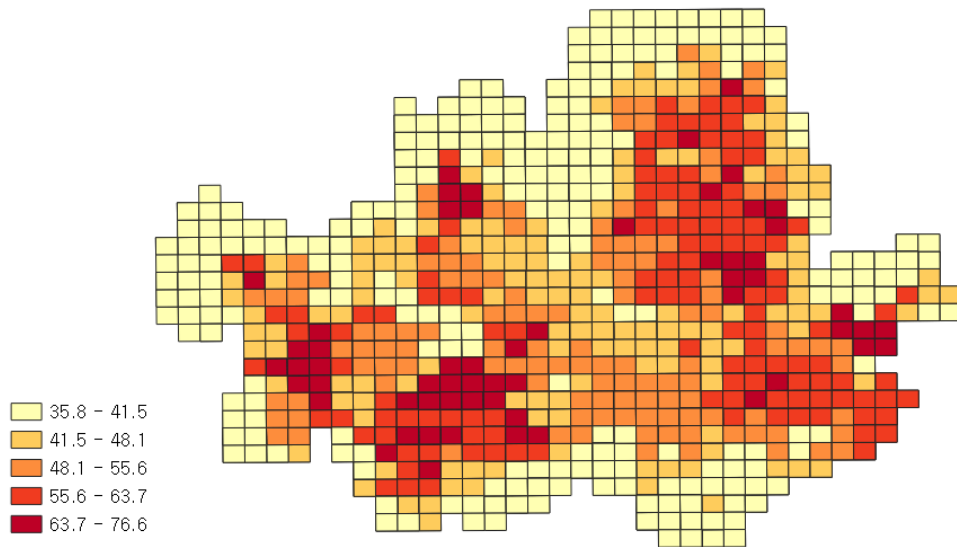


Fig. 7. 1km resolution convergent grid

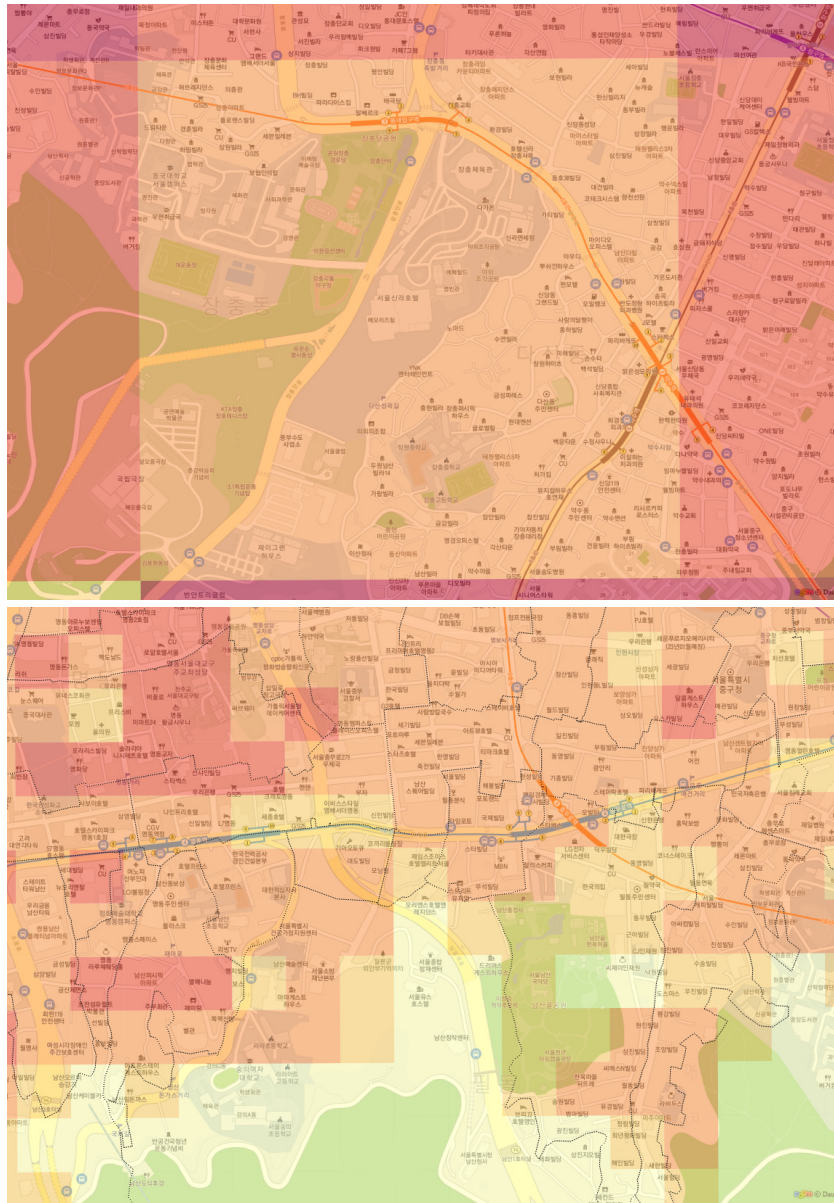


Fig. 8. 1km and 100m resolution convergent grid comparison (1:500 and 1:5,000 scale, Jung-gu, Seoul)

격자 기반 융합정보와 행정경계 기반 융합정보 비교

기존연구에서 융합정보 생성 시 주로 활용되는 공간 단위는 행정경계이다. 행정경계 기반 공간 융합정보는 일반적으로 통계 및 융합 시 활용되는데 데이터 개수가 적고 저용량이라서 가시화나 융합에 빠른 성능을 발휘한다. 이러한 정보는 지자체 별 비교 시 높을 활용도를 나타내지만, 공간 기하의 크기가 커서 조밀한 영역을 표현하기가 어려우며, 시간의 흐름에 따라 행정경계 기준이 변화하기 때문에 시계열 분석에 효과적이지 않다.

반면, 격자 기반 공간정보는 데이터 개수나 용량이 적은 편이어서 가시화 및 융합에 효과적이며 시간의 흐름에 따라 공간

정보 기준의 변화가 발생하지 않아 시계열 분석에 효과적이다. 또한, 융합방법이 단조롭기 때문에 새로운 신규데이터를 연계하고 융합할 때 쉽고 빠르게 처리할 수 있는 장점이 있다. 이와 관련하여 Table 4는 격자 기반 융합정보와 행정경계 기반 융합정보를 비교하여 정리한 것이다.

Table 4. Comparison of grid-based information and administrative boundary-based information

	행정경계 기반 정보	격자 기반 정보
기본특징 및 활용	행정경계 기반 통계/융합정보	동일 면적의 격자 기반 통계/융합정보
데이터 개수	적음	보통
용량	저용량	보통
시계열	시간의 흐름에 따라 공간정보 (행정경계) 기준이 다소 변화	시간의 흐름에 따른 공간정보 (격자) 기준 불변
데이터 융합속도	빠름	보통
융합방법	단조로움	단조로움
장점	지자체별 비교 시 높은 활용도	데이터 융합 및 관리에 유리 융합정보의 가독성 향상

재난 분야 표준기반 격자의 활용 방향

조밀한 공간영역의 재난 분석정보는 중앙재난안전대책본부에서 태풍 상황을 모니터링하거나 취약시설을 통제 및 관리할 때 활용될 수 있다. 기존에는 태풍 상황대응 시 행정구역 단위로 수집된 지자체별 통계정보를 주로 활용하였으나 최근에는 원천데이터의 공유환경 변화로 인해 조밀한 공간영역의 재난 분석정보를 활용하여 구체적인 재난대책을 마련할 수 있게 되었다. 따라서 본 연구에서는 태풍 위험지역을 대상으로 이러한 정보의 활용을 제시하였다.

다양한 정보가 공유되는 환경변화 속에서 지속적으로 발생하는 재난에 대한 효과적인 방재대책을 수립하기 위해서는 표준기반의 격자체계가 필요하며 이를 위해 필요한 세부방안을 제시한다. 먼저, 다양한 재난 상황에 대응하기 위해 전 지구를 아우르는 글로벌 격자체계 표준이 필요하다. 본 연구에서는 국내 활용되는 표준화된 격자체계인 국가지점번호의 격자체계를 적용하였으나 국내 주소체계가 아닌 전 세계를 대상으로 한 정보계산에 특화된 표준모델이 필요하다. 국가지점번호는 국토지리정보원의 기관표준, 국토교통부의 국토정보플랫폼 등에도 적용되는 격자체계이며 이를 활용하여 인구, 건물, 토지 등의 다양한 공간정보가 생산·공유되고 있으므로 정보의 범용성과 데이터의 호환성 측면에서 적합한 표준이다. 국가지점번호는 평면좌표계인 EPSG:5179 좌표계를 사용하고 있으므로 2차원 지도 화면에 직각 격자를 가시화함으로써 사용자에게 제공하는 정보의 가독성을 향상시킬 수 있는 장점이 있으며, 대한민국에 특화된 주소체계이다. 그러나 재난은 국내 영토에서만 국지적으로 발생하지 않으며 특히 태풍의 경우에는 적도 부근에서부터 생성되고 미세먼지의 경우에는 중국에서부터 발생한다. 또한, 국가지점번호는 대한민국에 특화된 좌표계를 사용하고 있으므로 대한민국을 크게 벗어나는 지역에는 오차를 발생시킬 수 있으며, 전 지구를 다룰 수 없다. 따라서 전지구적 재난 상황대응을 위해서는 글로벌 격자체계와 국가지점번호 격자체계를 모두 활용하되 데이터 간 호환성 향상을 위해 데이터변환모델을 적용할 필요가 있다.

다음으로, 재난 분야에서 활용될 수 있는 원천데이터의 상세화가 필요하다. 최근 국내 주요 정책 아젠다로 디지털 트윈을 한국판 뉴딜을 위한 10대 사업으로 지정하고 있으며 이미 공간정보산업 분야에서는 3차원 공간정보 및 센서 정보 등 초정밀

공간정보의 생산이 진행되고 있다. 이에 따라 본 연구의 압력지표, 현상지표에서 활용된 대부분의 지표들이 비교적 정밀한 형태로 생산되었다. 그러나 재난 분야에서는 주로 text 기반으로 정보가 수집되거나 시군구·읍면동 행정구역을 기반으로 통계정보가 생산 및 활용되고 있다. 예를 들어 조사보고서에 태풍 피해지역을 ‘~ 부근’, ‘~근처’로 작성하여 구체적인 공간정보 데이터를 생산하기 어려우며 생산된 공간정보 데이터조차 주로 새주소를 기반으로 하기 때문에 산간지역과 같은 곳은 명확한 위치를 표시하기 어렵다. 담당자가 GIS 기반으로 피해지역을 직접 입력하거나 10m 해상도의 조밀한 격자를 활용하여 피해지역을 지정한다면 재난대응을 위한 다양한 공간분석에 활용될 수 있다.

마지막으로, 재난대응 분야의 격자 기준 활용체계 마련이 필요하다. 격자 기반 정보가 모든 분야에서 행정구역 기준으로 생성된 정보들을 완벽하게 대체할 수는 없으나, 특정 목적에 따라서는 격자의 활용이 가능하다. 예를 들어 재난대응에 격자 기준을 활용하는 것은 행정경계를 사용하는 것보다 더 객관적인 평가 기준이 될 수도 있다. 현재는 중앙재난안전상황실에서 3개 이상의 시도에 호우주의보, 1개 이상의 시도에 호우경보 발표 시 기상 상황 모니터링 결과를 공유하고 중앙재난안전대책본부 구성 여부에 대해 논의하게 된다. 하지만 이는 일정한 크기의 공간 단위를 기준으로 하지 않으므로 3개 이상의 시도에서 호우주의보가 발표되지는 않았으나 더 넓은 시도 1개에서 호우주의보가 발표되어도 중앙재난안전대책본부가 구성되지 않는 문제가 발생할 수 있다. 이와 같이 피해지역 크기에 따른 대책을 마련할 때 격자 단위의 공간영역은 행정경계보다 일관성 있는 기준을 제공할 수 있다.

결론

최근 기술의 발전과 데이터 공유환경 변화로 인해 태풍 대응에 활용할 수 있는 다양한 정보들의 정확한 위치가 생산 및 공유되고 있다. 그러나 재난 분야에서는 재난 상황대응 시 여전히 행정경계 단위 통계정보 기반의 융합정보를 활용하고 있다. 이러한 정보는 시군구별 비교를 위해서는 유용하게 활용될 수 있으나 시계열 분석이나 보다 정밀한 위치분석 및 예측에 활용되기 어렵다. 또한 각 지자체별로 활용되는 융합정보의 공간단위 크기, 속성 등이 상이하여 전국적인 분석에도 어려움이 발생한다. 이에 따라 본 연구에서는 태풍의 피해를 저감시키기 위해 태풍대응의 예방·대비 단계에서 다양한 태풍 대응 정보들을 적극적으로 활용하고, 각 정보들을 쉽고 빠르게 융합할 수 있도록 표준화된 격자의 활용방안을 제안하였다. 조밀한 크기의 다양한 공간정보를 태풍대응에 활용하기 위해 태풍위험지역의 구성요소를 정의하고, 격자화 된 융합정보로 생성함으로써 태풍대응시 융합격자의 활용을 가시화하였다는데 의의가 있다. 특히 같은 공간기준과 공간분할기준에 따라 다양한 크기의 격자를 정의하는 국가지점번호의 격자체계 적용을 제안하며, 1km와 100m 해상도의 격자를 생성하여 비교하였다. 멀티 해상도를 지원하는 표준화된 격자의 적용은 사용자의 요구나 활용목적에 따라 다양한 크기의 격자를 지원하며, 상호 간 융합 및 변환을 용이하게 한다.

Acknowledgement

본 연구는 행정안전부 국립재난안전연구원의 지원(재난데이터 관리를 위한 공간정보 활용 기술개발, NDMI-주요-2020-03-03-02)에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

References

- [1] Ahn, S.J., Kim, T.H., Son, K.Y., Kim, J.M. (2019). "Analysis of building vulnerabilities to typhoon disaster based on damage loss data." *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, Vol. 19, No. 6, pp. 529-538.
- [2] Choi, H.I., Park, S.Y., Song, J.H., Park, M.J. (2013). "Identification of flood risk areas using a multi-criteria decision making method." *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 13, No. 2, pp. 237-243.
- [3] Han, S.R., Kang, N.R., Lee, C.S. (2015). "Disaster risk evaluation for urban areas under composite hazard factors." *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 15, No. 3, pp. 33-43.
- [4] Hur, J.Y., Lee, J.H. (2014). "Study on building a disaster management system responding to future disaster – using expert survey method." *Crisis and Emergency Management*, Vol. 10, No. 10, pp. 173-195.
- [5] Kang, S.K., Choi, S.J., Lee, D.R. (2017). "Selection of flood protection alternatives using multi-criteria decision making." *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 17, pp. 279-285.
- [6] Kim, D.H., Kim, J.M., Yoon, B.C., Chang, E.M., Choi, Y.S. (2015). "Development plan of grid system utilizing spatial information." *Journal of Korean Society for Geospatial Information Science*, Vol. 23, No. 6, pp. 43-55.
- [7] Kim, M.S., Lee, J.Y. (2015). "A data transformation method for visualizing the statistical information based on the grid." *Journal of Korean Society for Geospatial Information Science*, Vol. 23, No. 5, pp. 31-40.
- [8] Kim, Y.S., Lee, B.R., Kim, T.K. (2019). "Development of a Typhoon Risk Index(TRI) based on records of typhoon damage." *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 19, No. 7, pp. 501-509.
- [9] Korea Meteorological Administration, https://www.weather.go.kr/weather/typhoon/typhoon_06_01.jsp
- [10] Lee, C.Y., Kim, T.H., Lee, C.S. (2018). "A development of the integrated model for the disaster field response and situation information management." *Journal of the Society of Disaster Information*, Vol. 14, No. 1, pp. 36-42.
- [11] Lee, J.M., Kim, S.W., Kim, Y.S. (2019). "Natural disaster risk assessment in local governments for estimating disaster management resources." *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 19, No. 1, pp. 331-340.
- [12] Lee, S.H., Kang, J.E., Bae, H.J., Yoon, D.K. (2015). "Vulnerability assessment of the air pollution using entropy weights: Focused on Ozone." *Journal of the Korean Association of Regional Geographers*, Vol. 21, No. 4, pp. 751-763.
- [13] Lim, C.T., Lee, Y.J., Lee, K.D., Jeon, Y.C., Kim, S.K., Yoo, Y.I., Park, J.H. (2019). *Change the World with Energy*. Korea Energy Information Culture Agency, Seoul, Republic of Korea.
- [14] Park, J.Y., Kim, O.J., Lee, J.W., Lee, S.K. (2020). "A study on the establishment of typhoon context awareness information through analysis of disaster cases." *Journal of the Society of Disaster Information*, Vol. 16, No. 3, pp. 430-439.
- [15] Park, K.S., Lim, H.C., Song, W.Y., Jeoung, W.H., Kim, J.B., Yu, B.I, Kim, Y.M., Sang, H.S., Gong, H.S., Song, S.H. (2012). *Advancement of Operation System for Disaster Prevention GIS*. National Disaster Management Research Institute, 11-1311526-000061-01.
- [16] Seol, Y.J. (2013). "The study on evaluation model for the disaster management organization system in local government's." *Journal of Policy Development*, Vol. 13, No. 1, p. 9.
- [17] Weick, K., Kathleen M., Sutcliffe. (2001). *Managing the Unexpected - Assuring High Performance in an Age of Complexity*. Jossey-Bass, San Francisco, CA, USA, pp. 10-17.
- [18] Weiss, A.D. (2001). *Topographic Positions and Landforms Analysis (Conference Poster)*. ESRI International User Conference, Indus Corporation, San Diego, CA, USA.
- [19] Yang, D.M. (2017). *Construction of Fundamental Technology for Disaster Risk Assessment and Response(IV)*. National Disaster Management Research Institute, NDMI-PR-2017-01-02-02.
- [20] Yu, E.J., Shim, H.S. (2018). "A study on information linkage service for disaster situation management : Focusing on earthquake." *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 19, No. 1, pp. 67-73.